

ся тем, насколько убедительно И. Бернулли доказывает преимущество (для сохранения равновесия судна) ускоренного движения перед равномерным, сторонником которого был сам Буге. В конце работы он сравнивает задачу движения судна с задачей, решение которой уже известно, — о движении тела под действием пружины, и дает конкретные рекомендации по управлению парусником в экстремальных условиях.

Исследования по теории корабля И. Бернулли, Буге, Камю получили дальнейшее теоретическое и экспериментальное развитие в работах Даламбера, Кондорсе, Боссю [100]. Их прикладной аспект, в связи с прогрессом судостроения и прочих разделов техники, ныне утратил свою актуальность. Но их теоретическое значение как сферы применения понятий и законов механики, как источника формирования понятий устойчивости и неустойчивости равновесия и движения тел, ставших позднее основой теории устойчивости движения, по-прежнему велико.

Легко заметить определенную схожесть судеб и научных интересов Мопертюи и Буге. Оба родились в Бретани, в один год, получили прекрасное математическое образование, проявили интерес к астрономии, геодезии, ньютоновской теории притяжения тел, оптике, теории фигур небесных тел, чисто математическим проблемам геометрии и теории дифференциальных уравнений, участвовали в географических экспедициях, были видными учеными, академиками-пансионерами Парижской академии наук и умерли с интервалом в один год. Эта общность интересов и жизненных событий, естественно, не была абсолютной, у каждого из них был свой жизненный путь. Но схожесть судеб, по-видимому, была не случайной. Они оба объективно выражали интересы своего времени, отражали особенности французского научного менталитета начала XVIII в.

5.4. Обзор некоторых публикаций

Замечательной особенностью Парижской академии наук был коллективный характер деятельности ее ученых. Каждый член Академии имел полную свободу в выборе своей научной тематики (и часто она была очень разнообразной), но обязательные публичные выступления, публикации работ вызывали естественный обмен мнений, критические замечания, соответствующие оценки практической полезности и теоретической перспективности работ. Таким образом, персон-

фицируя определенные достижения в науке, нельзя забывать о влиянии на «созревание мысли» конкретного ученого его научной среды. В 20-х–50-х годах эта среда была представлена такими членами академии как де Мольер¹, Шевалье², Реомюр³, Николь⁴, Мэран, Делиль⁵, Кателан⁶, Белидорде.

5.4.1. Известный астроном, математик, физик, археолог, член Парижской академии наук (с 1718 г., секретарь с 1741 по 1743 г.), Французской академии (с 1743 г.), Лондонского Королевского общества, Петербургской академии наук, Болонского института, главный редактор «*Journal des Sçavants*» Жан-Жак Дорту де Мэран был автором нескольких публикаций по механике.

¹С 1721 г. — адъюнкт, с 1729 г. — ассоциированный (механик) член Академии, член Лондонского Королевского общества, преемник Вариньона по кафедре философии в college Royal, последовательный сторонник и защитник взглядов А. Клеро.

²Профессор артиллерийской школы в Страссбурге, адъюнкт (1699), ассоциированный (1707) член Парижской академии наук. Умер в 1748 г.

³Член Парижской академии наук с 1708 г., известный физик и экспериментатор. Первым обнаружил эффект скрученной веревки, которая выдерживает большую нагрузку, чем сумма нагрузок, выдерживаемых отдельными ее нитями (Мемуары, 1711 г.). Изобрел термометр, носящий его имя.

⁴Пансионер (механик) Парижской академии наук. Внес значительный вклад в развитие теории эволют и эвольвент (Гюйгенса) и фактически создал предпосылки для появления понятия и изучения свойств подвижной и неподвижной центроиды (Пуансо).

⁵Семейство Delisle является своеобразным феноменом французской науки. Глава семейства Claude Delisle (1644–1720) был известным ученым-географом. По его стопам пошли и его три сына: Гильом (Guillaume, 1675–1726), Жозеф-Никола (Joseph-Nicola, 1688–1768) и Луи (Louis, умер на Камчатке в 1741). Гильом — член Парижской академии наук (с 1702), первый географ французского королевства (с 1718), автор карт Каспийского моря. Жозеф-Никола — член Парижской академии наук (с 1714), выдающийся астроном, физик, один из первых членов Петербургской академии наук (жил в России с 1726 по 1747), член Берлинской, Шведской и других академий наук. Луи — член Парижской (с 1725) и Петербургской академий наук, известный географ, исследователь европейского севера и российского побережья Ледовитого океана вплоть до Камчатки.

⁶Секретарь Парижской академии наук Фонтенель в 1707 г. назвал имена самых выдающихся математиков — Лопиталь, Кателан, Совер и Вариньон. Однако аббат Кателан больше известен как неутомимый критик. Он критиковал работы Гюйгенса (о центре колебаний, теорию эволют и эвольвент, теорию колебаний), Лейбница (теорию сил, дифференциальное исчисление), Лопиталья и других, вызывая, тем самым ответные выступления известных ученых (И. Бернулли, Вариньон и другие).

Первая публикация Мэрана, одобренная Солмоном и Лувилем, называлась «О колесе Аристотеля»¹. Суть парадокса, обнаруженного Аристотелем, состояла в следующем.

Если колесо (рис. 5.4.1) совершит при качении по прямой полный оборот, то точки B и A перейдут в положения B' и A' . Очевидно, что $AA' = BB'$. Но, с другой стороны, каждая точка при этом пройдет путь равный длине своей окружности, а они явно не равны. Попытки разрешения этого парадокса Аристотелем, Галилеем и другими учеными оказались неубедительными. И только Мэран, используя понятие переносного движения, показал, что пути, пройденные точками A и B , будут различны, и они не совпадают с AA' или BB' .

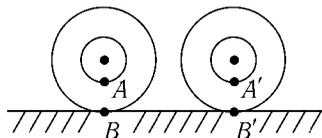


Рис. 5.4.1

Уже упоминались работы Мэрана по механике корабля [236, 237], о природе движущих и живых сил [239–240]. Последняя из указанных работ была адресована мадам дю Шателе.

5.4.2. Дочь барона де Бретей-Габриель-Эмили де Тоннельер де Бретей, после замужества — маркиза дю Шателе, была одной из самых ярких личностей своей эпохи. Обширное образование (математика, философия, языки: латынь, итальянский, английский, испанский), многогранный талант (математик, философ, отличный музыкант) и женское обаяние сблизили Эмили с маркизом де Гебрианом, герцогом де Ришелье, Вольтером², Клеро³, Мопертюи, Кенигом⁴, И. Бернулли, Сен-Ламбертом. Главная заслуга маркизы в механике состояла в том, что она предприняла попытку перевода на французский язык «Начал» Ньютона. Очевидно, что это предприятие активно поддерживалось ее упомянутыми друзьями, осознавшими важность взглядов Ньютона для дальнейшего развития механики во Франции. Перевод «Начал» и его

¹Работа обсуждается в [292].

²Она жила в доме Вольтера, в замке Сирей, более 14 лет (с 1733 по 1747 г.). Позднее он тяжело переживал их разлуку. После ее смерти (последствие поздних родов) Вольтер писал: «Я потерял не любовницу, я потерял свою половину, душу, для которой была создана моя душа, друга, возникшего на моих глазах» [260, с. 125–126].

³Для нее была написана его «Геометрия» [172], переиздававшаяся в 1765, 1831, 1921 гг. и переведенная на шведский, голландский и польский языки.

⁴В 1738 г. Кениг стал опекуном детей маркизы.

издание (Париж, 1756) были завершены уже после смерти маркизы. В 1738 г. дю Шателе получила премию Академии наук за работу «Рассуждение о природе и распространении огня», опубликованную в «Мемуарах» (1738) и переизданную в 1744 г. [171]. Письмо Мэрана (1741) содержало разъяснение его позиции относительно понятия «живой силы» в работах И. Бернулли. В ответном письме, опубликованном в Брюсселе в 1741 г., мадам дю Шателе выразила свое несогласие с Мэраном и выступила в защиту авторитета Бернулли.

5.4.3. Видным ученым XVII в. был Шарль Камю. В 1727 г. он представил на конкурс Парижской академии наук мемуар «О самом выгодном способе расположения надпалубных построек кораблей». Премию академии получил Буге, но и работа Камю не осталась без внимания. В том же году Камю стал членом Парижской академии наук. В 1736 г. он становится участником экспедиции Мопертюи в Лапландию, затем с Кассини и Буге участвует в измерении градуса парижского меридиана, после чего становится профессором геометрии и экзаменатором в парижских школах инженерного дела и артиллерии, с 1760 г. — постоянным секретарем Академии архитектуры, с 1765 г. — членом Лондонского Королевского общества.

Наиболее известными работами Камю были «Трактат по гидравлике» [159], «Курс математики для школ инженерного дела и артиллерии» [160], «Элементы статической механики» [161], «О действиях мушкетной пули, пронзающей толстый деревянный брусок, не передавая ему существенной скорости» [162], «Задача статики» [163].

«Курс математики» и «Элементы» были написаны как учебные пособия. Последний из мемуаров посвящен решению задачи о равновесии свободно вращающегося на оси колеса, по радиусам которого столь же свободно (без трения) могут перемещаться грузы, находящиеся под действием сил, исходящих из единого центра.

5.4.4. Никола-Луи де Лакайль (аббат де Лакайль) известен, прежде всего, как знаменитый астроном, сотрудник Парижской обсерватории, в которой работали Кассини¹, Пикар², Клеро, Мопертюи, член Парижской (с 1741 г.) и Берлинской академий наук. Однако известны и его работы по механике и математике (как некогда Вариньон, он был

¹Знаменитое семейство ученых-астрономов: Jean-Dominique Cassini (1625–1712), его сын Jacques Cassini (1677–1756), сменивший отца на посту директора обсерватории, и внук César-François Cassini de Thury (1714–1784).

²В 1675 г. уточнил величину радиуса Земли.

профессором математики в Collége Mazarin). После смерти друга Буге, Лакайль издал его «Трактат по оптике», переиздал «Трактат по навигации». В 1743 г. он опубликовал в Париже быстро ставший популярным учебник по механике «Лекции по механике или краткий курс движения и равновесия» [214], выдержавший пять изданий (пятое издание в 1781 г.).

5.4.5. Биография маркиза де Куртвиврона началась с военной службы в кавалерии. Однако вскоре успешная карьера офицера (он дослужился до звания полковника) плавно перешла в научную. Он погрузился в проблемы математики, физики и механики, был избран почетным членом Академии наук. Из работ по механике назовем: «О колебаниях маятников по дугам круга, когда дуги малы» [181]; «Исследования статики и динамики, в которых дается новый общий принцип для изучения тел, приводимых в движение переменными силами в соответствии с некоторым законом» [182].

В первой работе получено дифференциальное уравнение малых колебаний математического маятника. Новый общий принцип, излагаемый в работах 1748–1749 гг., состоит в том, «что из всех положений, которые последовательно занимает система тел, связанных между собой нитями, рычагами или любыми другими средствами и двигающихся под действием некоторых сил, положение, в котором система имеет наибольшую сумму произведений масс на квадраты скоростей, то есть наибольшую живую силу, является именно тем положением, в которое необходимо в первую очередь поместить систему, чтобы она оставалась в покое» [182]. Из определения принципа с достаточной ясностью следует его аналогичность принципу возможных перемещений, сформулированному ранее И. Бернулли. Однако эта аналогичность может быть установлена только с помощью теоремы об изменении кинетической энергии, тогда уже известной отдельным ученым, но еще не вошедшей в общепринятый арсенал теоретической механики. Поэтому принцип Куртвиврона можно считать новым. Строгое доказательство своего принципа Куртвиврон не приводит, ограничившись его демонстрацией на конкретных примерах.

5.4.6. В «Мемуарах» первой половины XVIII в. есть несколько публикаций по механике Этьена Монтиньи¹. Одна из них — «Задачи динамики, в которых определяются траектории и скорости множества

¹Советник короля, казначей Франции, глава дорожного ведомства парижского округа, член Парижской академии наук, корреспондент Берлинской академии.

тел, двигающихся вокруг неподвижного центра» [257]. Ссылаясь на одну из работ Д. Бернулли, Монтиньи использует понятие живой силы для решения двух задач, в которых нужно найти скорость и траектории произвольного количества тел (масс) A, B, C, \dots , привязанных к кольцу и совершающих движение вокруг некоторой точки S .

Исследования по теории корабля и навигации были продолжены Александром Саверианом¹ в работах:

Выступление о маневрах кораблей [282].

Выступление о навигации и экспериментальной физике [283].

Новая теория маневров кораблей с точки зрения лоцманов [284].

Новая теория рангоута [285].

Исторические исследования о началах и прогрессе в конструировании кораблей в древности [286].

Искусство измерения на море скорости струи за кормой судна с идеями о состоянии вооружения французских судов [287].

Савериан был также автором нескольких популярных книг по теории тяготения, математике, физике и истории науки. В частности, известно его четырехтомное издание «История прогресса человеческого разума в точных науках и связанных с ними искусствах» [288]. В 1749 г. он издал на французском языке «Трактат о флюксиях» Маклорена, а в 1755 г. — «Архитектурный словарь» Авилера.

5.4.7. Патрик Дарси (шевалье Дарси) — ирландец, ставший маршалом Франции и пансионером-геометром Парижской академии наук. Основная часть его научного наследия (работы по астрономии, артиллерии, механике, математике, гидравлике, электричеству) выходят за рамки рассматриваемого временного периода, поэтому остановимся только на ранних публикациях Дарси по механике, появившиеся в «Мемуарах»: «Задача динамики о взаимодействии систем тел» [119]; «Размышления о принципе наименьшего действия г. де Мопертюи» [120]; «Продолжение мемуара по динамике, опубликованного в Мемуарах Академии за 1747 год» [121]; «Реплика к мемуару г. де Мопертюи о принципе наименьшего действия. . . » [122].

Работа 1747 г. является переработанным вариантом трех мемуаров, доложенных Дарси в Академии наук в 1746–1747 гг. Это был первый крупный успех двадцатидвухлетнего ученого, открывший ему

¹Морской инженер, литератор, член Лионской академии.

двери Академии. Суть предложенных мемуаров, как и их продолжения 1750 г., состояла в изложении нового принципа механики. В «Задаче динамики . . . » [119] этот принцип имеет следующее содержание: «Пусть A, B, C и т. д. — система тел, каждое из которых получило некоторый импульс через нити, несгибаемые стержни или законы притяжения и т. д. Пусть Aa, Bb, Cc и т. д. — дуги, описываемые телами за одинаковое время. Я утверждаю, что если провести из произвольного центра O линии OA, Oa, OB, Ob, OC, Oc и т. д., то результирующая сумма произведений разных секторов AOa, BOb, COc на соответствующие им массы A, B, C будет всегда пропорциональна времени». В «Продолжении . . . » [121] 1750 г. Дарси модернизирует свой принцип: «. . . если взять некоторую другую точку P , считающуюся центром тяжести в покое, и провести через нее линии PA, Pa, PB, Pb и так далее, то $APa \cdot A + BPb \cdot B + CPc \cdot C$ и так далее равно $AOa \cdot A + BOb \cdot B + COc \cdot C$ и так далее».

Принцип Дарси, безусловно, был новым, но его экзотичность, связанная с его физическим смыслом, математическим оформлением, сделали его достоянием только истории механики. Популяризации принципа не помогли даже рассмотренные Дарси примеры.

Как это следует из названий, мемуары 1749 и 1752 гг. посвящены дискуссии, связанной с принципом наименьшего действия. Уже первая из этих работ свидетельствует об удивительной мудрости ее молодого автора, ясном понимании им существа вопроса и полной независимости от высокого авторитета Мопертюи. Дарси формулирует общий принцип Мопертюи и его анализ разбивает на два вопроса: равно ли действие произведению массы, скорости и пути (?) и будет ли оно минимальным (?). На оба вопроса Дарси дает отрицательный ответ. В первом случае это связано с тем, что Дарси накладывает на понятие действия определенный физический смысл (величина физического взаимодействия), в то время как Мопертюи рассматривает его как некую математическую формальность. Аналогично и во втором вопросе, где Дарси подменяет логику Мопертюи своей. Переходя же далее к анализу закона покоя, Дарси допускает целый ряд физических и математических ошибок, обесценивающих его дальнейшую аргументацию.

Однако Дарси не останавливается только на критических замечаниях. Он предлагает свой «общий принцип динамики». Следуя Даламберу, который в «Энциклопедии» определяет действие как «движение, производимое телом, или то, которое тело стремится произвести в дру-

гом теле», Дарси определяет «... действие тела вокруг точки как массу, умноженную на скорость и на перпендикуляр, опущенный из точки на направление тела» [120]. Далее он формулирует «общий принцип»: «Любое действие (существующее в Природе в какой-то момент) вокруг данной точки будет произведено в единственном данном теле; количество действия этого тела вокруг этой точки будет всегда одинаковым» [120].

За доказательством этого принципа Дарси отсылает к упоминавшейся работе 1747 г. («Задача динамики...», [119]), где тот же его принцип сформулирован в иных терминах. Действительно, площади указанных там секторов могут быть заменены произведением скоростей на перпендикуляры к их направлениям. На примере задачи об ударе двух тел Дарси показывает аналогичность его принципа *закону сохранения живых сил*. Рассматривая равновесие тел, он демонстрирует свой принцип для задач определения положения центров тяжести, колебаний и удара, для получения законов преломления света. Работа 1752 г. [122] повторяет аргументы Дарси. На публикации Дарси откликнулся швейцарский математик Ж. Л. Бертран¹. В трудах Берлинской академии за 1753 г. он писал, что принцип наименьшего действия следует «из вычислений г. де Мопертюи, которые он привел для определения закона удара твердых тел. В связи с тем, что г. Дарси далек от признания этих вычислений подозрительными, что, несомненно, означало бы ошибочность принципа Мопертюи, ничего не остается, кроме как признать завышенную очевидность заключения (Дарси. — В. Я.). Г. Дарси должен был подумать о согласовании этого очевидного противоречия, понять, как это возможно, что он и г. де Мопертюи, исходя из принципа наименьшего действия, с помощью сугубо математических преобразований, пришли он — г. Дарси — к абсурду, а г. де Мопертюи — к хорошо известной истине» [260, с. 29].

5.5. Задачи механики в творчестве А. Клеро

Алексис Клеро — один из самых известных ученых Франции XVIII в. В семье парижского профессора математики Жана Клеро²

¹Профессор математики Академии Женевы, член Берлинской академии, ученик Эйлера.

²Jean-Baptiste Clairaut (умер в 1765) — корреспондент Берлинской академии, автор нескольких мемуаров по геометрии в «Miscellanea Berolinensia», отец.